

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4713423号

(P4713423)

(45) 発行日 平成23年6月29日(2011.6.29)

(24) 登録日 平成23年4月1日(2011.4.1)

(51) Int.Cl. F I
FO1D 5/18 (2006.01) FO1D 5/18
FO1D 5/22 (2006.01) FO1D 5/22

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-227381 (P2006-227381)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成18年8月24日(2006.8.24)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2007-56875 (P2007-56875A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成19年3月8日(2007.3.8)		MPANY
審査請求日	平成21年8月20日(2009.8.20)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(31) 優先権主張番号	11/211, 391		クタデイ、リバーロード、1番
(32) 優先日	平成17年8月25日(2005.8.25)	(74) 代理人	100137545
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	チン・パン・リー
			アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
			イ、カマルゴ・パインズ・レーン、12番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 斜め先端孔タービンプレード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

支持ダブテール(16)と一体形に形成され、根元(26)にあるプラットフォーム(14)から外向きに延びた翼形部(12)を含むタービンロータブレード(10)であって、

前記翼形部(12)が、間隔を置いて配置されてその中に内部冷却回路(24)を形成した対向する正圧及び負圧側壁(20、22)を含み、前記根元(26)から対向する遠位端における先端フロア(28)まで翼長にわたって延び、かつ

対向する前縁及び後縁(30、32)間で翼弦にわたって延び、

スキラリブ(34)が、前記フロア(28)を囲んで前記側壁(20、22)から延びて該フロアの上に開放先端空洞(36)を形成し、

複数の湾曲先端孔(42)が、前記冷却回路(24)から冷却空気(38)を受けようように該冷却回路(24)と流れ連通状態で前記フロアを貫通して延び、かつ冷却空気(38)を前記スキラリブ(34)に方向付けるように該リブに向かって斜めになっており、

前記先端孔(42)の各々が、前記フロア(28)の底面を貫通してほぼ垂直に延びる直線状入口(44)と、前記入口から前記リブ(34)に向かって湾曲した斜め出口(46)とを含み、

前記出口(46)が、該出口から吐出される冷却空気(38)を拡散させるようにその流路面積が前記入口(44)から拡開し、

10

20

前記出口（４６）が、前記入口（４４）から前記リブ（３４）に向かって外寄りに傾斜した平坦な前方壁（４８）と、前記前方壁（４８）から内寄りに間隔を置いて配置された平坦な後方壁（５０）と、前記前方及び後方壁（４８、５０）を互いに結合して前記出口（４６）を囲む１対の平坦な側壁（５２）と、を含み、

前記リブ（３４）が、フィレット（５６）において前記フロア（２８）に接合し、前記出口（４６）が、前記フィレット（５６）において終端し、

前記タービンロータブレード（１０）は、前記フロア（２８）及びリブ（３４）に一体形に接合されかつ前記リブに沿って間隔を置いて配置された複数のラグ（５８）をさらに含み、

前記ラグ（５８）の各々が、前記冷却回路（２４）と流れ連通状態で該ラグを貫通して延びる前記先端孔（４２）の対応する１つを含むことを特徴とする、タービンロータブレード（１０）。 10

【請求項２】

前記後方壁（５０）が、前記入口（４４）と同一直線状である、請求項１記載のブレード。

【請求項３】

前記後方壁（５０）が、前記入口（４４）から前記傾斜前方壁（４８）に向かって外寄りに傾斜している、請求項１記載のブレード。

【請求項４】

前記出口（４６）の１対の側壁（５２）が、前記入口（４４）から外向きに拡開するように傾斜している、請求項１記載のブレード。 20

【請求項５】

前記前方壁（４８）が、前記出口側壁（５２）の傾斜よりも大きい傾斜角で前記リブ（３４）に向かって傾斜している、請求項４記載のブレード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、総括的にはガスタービンエンジンに関し、より具体的には、ガスタービンエンジンのタービンロータブレードに関する。

【背景技術】 30

【０００２】

ガスタービンエンジンでは、空気が、圧縮機内で加圧され、燃焼器内で燃料と混合されて高温燃焼ガスを発生する。高圧タービン（ＨＰＴ）において燃焼ガスからエネルギーを取り出して圧縮機に動力を供給し、また低圧タービン（ＬＰＴ）において燃焼ガスからエネルギーを取り出して、航空機用ターボファンエンジン用途における上流ファンに動力を供給し或いは船舶及び産業用途の出力シャフトに動力を供給するようにする。

【０００３】

第１段タービンロータブレードは、最初に燃焼器からの高温燃焼ガスを受け、従ってその高温に曝される。従って、第１段タービンブレードは、ＨＰＴの厳しい環境内で強度を維持する最高級の超合金で形成してブレードの有効寿命を最大にする。 40

【０００４】

さらに、各タービンブレードは中空であり、特殊な構成の冷却回路をその内部に含み、これらの冷却回路は、作動中に圧縮機から抽気した空気の一部を使用して、タービンブレードを内部冷却すると共に、様々なフィルム冷却孔の列を通してタービン翼形部から吐出される使用済み空気による外部断熱空気フィルムを形成するようにする。

【０００５】

各ブレードは、支持ロータディスクの外周部にブレードを個別に取り付けるためのダブテールに接合されたプラットフォームから外向きに延びる翼形部を含む。翼形部は、ほぼ凹面形の正圧側面とほぼ凸面形の負圧側面とを有し、これら両側面は、プラットフォームにおける翼形部の根元からその半径方向外側先端まで翼長にわたって半径方向に延び、ま 50

た対向する前縁及び後縁間で翼弦にわたって軸方向に延びる。

【 0 0 0 6 】

翼形部内に見られる冷却回路は、対向する正圧及び負圧側面上を流れる燃焼ガスによる異なる熱負荷に対して翼形部の異なる部分を異なった状態で冷却するように特別に調整した数多くの構成を有することができる。翼形部の凹面形 - 凸面形構成は、作動中にその表面上に異なる速度及び圧力分布を作り出して、支持ディスクを回転させるための燃焼ガスからのエネルギー抽出効率を最大にするようにする。

【 0 0 0 7 】

従って、燃焼ガスによる熱負荷は、根元から先端まで及び前縁から後縁まで複雑な三次元パターンで変化し、このことが次に、翼形部の異なる部分の局所的冷却要件に影響を与えることになる。

10

【 0 0 0 8 】

各翼形部は、前縁の直ぐ後方で最大厚さを有し、薄い後縁に向かって次第に薄くなっている。一般的に各翼形部はまた、翼形部の先端において正圧及び負圧側面の小さな延長部を含み、この延長部が、内部冷却回路の頂部を仕切る先端フロアから延びて開放先端空洞を囲むスキラリブを形成する。

【 0 0 0 9 】

最初に高温燃焼ガスを受ける各翼形部の前縁、各翼形部の薄い後縁、及び翼形部先端における小さなスキラリブは、異なる構成にされ、異なる機能を有し、また実用運転においてタービンブレードの長い有効寿命を保証するのに十分な冷却を得るためのその構成に特有の問題を有する。

20

【 0 0 1 0 】

最近のタービンブレードは、何 1 0 年にもわたる開発を行ってきたものであり、その開発によって、その有効寿命は、その有効寿命を制限することになる望ましくない熱破損がない状態での多年の又は数千時間のガスタービンエンジン運転まで大きく増大した。しかしながら、大多数のブレードが破損のない性能を有するにも拘わらず、タービンブレードの寿命は、それでもなおそのいずれかの領域における局所的熱破損によって制限される。

【 0 0 1 1 】

例えば、タービンブレード先端は、そのブレードの所望の長い有効寿命にわたって十分に冷却することが難しいブレードの 1 つの領域である。翼形部先端を囲むスキラリブは、先端と周囲のタービンシュラウドとの間の半径方向ギャップ又は間隙を最小にして、作動中にそのギャップを通り抜ける望ましくない燃焼ガスの漏洩を最少にするための正圧及び負圧側面の局所的延長部として設けられる。タービンブレードは周囲のタービンシュラウドとの偶発的な摩擦を受けるので、小さなスキラリブが、先端摩擦の悪影響を減少させながら内部冷却回路を仕切る先端フロアの健全性を保証する。

30

【 0 0 1 2 】

スキラリブ自体は、中実材料でありかつ比較的薄く、作動中に正圧及び負圧側面に沿って軸方向に流れると共に正圧側面上を半径方向に流れる高温燃焼ガスに浸され、また作動中にガスが先端を越えて漏洩した時に周囲のタービンシュラウドと間の先端ギャップを通して流れる高温燃焼ガスに浸される。従って、スキラリブは、それらの外側及び先端空洞内でのそれらの内側の両方からの加熱と共にそれらの半径方向最外端縁部に沿った加熱に曝される。また、先端は、作動中に翼形部先端の高い遠心速度を受け、また作動中にそれを超えて下流方向に流れる高温燃焼ガスの高い速度を受ける。

40

【 0 0 1 3 】

従って先行技術には、タービンブレード先端を冷却するための多くの様々な構成が存在し、それらの構成は、その意図した長い有効寿命にわたって作動するエンジンにおいて異なる複雑さ、異なる性能及び異なる有効性を有する。

【 0 0 1 4 】

タービンブレード先端は一般的に、先端フロアを貫通して垂直に延びて内部冷却回路からの使用済み冷却空気で先端空洞を満たすようになった複数の先端孔を含む。このように

50

して、使用済み冷却空気により、先端空洞内への高温燃焼ガスの進入に対抗して先端冷却を改善するようにする。

【0015】

さらに、フィルム冷却孔は一般的に、作動中に正圧側スキラリップ上を冷却するフィルムを形成するように正圧側面上のブレード先端付近に見られる。両構成において、使用済み冷却空気は、スキラリップの外側及び内側表面の局所的フィルム冷却を行う。

【0016】

使用済み冷却空気は、加圧下で先端孔を通して吐出されるので、この空気は、先端フロアに対して垂直な高速の個別ジェットの状態では吐出され、このことがその冷却効果を制限している。従って、先端フロアを貫通する対称拡開先端孔を導入して、吐出空気を拡散させてその速度を低下させかつそれに対応して圧力を増大させて先端空洞の内側の冷却を高めるようにすることができる。

10

【0017】

さらに別の従来型の先端冷却構成では、特にそこに最大の熱負荷を有する翼形部正圧側スキラリップの内部又は内側表面を衝突冷却するように、円筒形先端孔は、先端フロアを傾斜して貫通させることができる。しかしながら、先端孔は比較的小さな直径を有するので、それら先端孔はブレード自体の原初の鋳造工程においては形成することができず、鋳造後の穿孔加工によって形成しなくてはならない。穿孔加工には、鋳造したスキラリップを損傷せずに先端フロアにアクセスする必要がある。これを効果的に行うためには、傾斜先端孔をスキラリップに近接して配置しなくてはならないが、そのことによって、スキラリップが近接先端孔の製作を邪魔することになる。

20

【0018】

従って、スキラリップの形成に先立って先ず始めに傾斜先端孔を製作し、次いでスキラリップを製作しなくてはならないが、このことは、製造の難しさとコストを増大させ、また一般的には方向性凝固する超合金又は単結晶合金で製造されるスキラリップと主翼形部との間の単体構造物性を損なうことになる。

【特許文献1】米国特許第4,142,824号公報

【特許文献2】米国特許第4,197,443号公報

【特許文献3】米国特許第4,684,323号公報

【特許文献4】米国特許第4,762,464号公報

30

【特許文献5】米国特許第4,893,987号公報

【特許文献6】米国特許第4,992,025号公報

【特許文献7】米国特許第5,261,789号公報

【特許文献8】米国特許第5,476,364号公報

【特許文献9】米国特許第5,564,902号公報

【特許文献10】米国特許第5,660,523号公報

【特許文献11】米国特許第6,059,530号公報

【特許文献12】米国特許第6,086,328号公報

【特許文献13】米国特許第6,164,914号公報

【特許文献14】米国特許第6,224,336号公報

40

【特許文献15】米国特許第6,527,514号公報

【特許文献16】米国特許第6,554,575号公報

【特許文献17】米国特許第6,595,749号公報

【特許文献18】米国特許第6,672,829号公報

【特許文献19】米国特許第6,790,005号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

従って、改善した先端冷却を有するタービンロータブレードを提供することが望まれる

50

【課題を解決するための手段】**【0020】**

タービンブレードは、中空の翼形部を含み、この翼形部は、その先端フロアを貫通して延び、かつフロアから外向きに延びるスキラリブに向かって斜めになった複数の湾曲先端孔を有する。

【発明を実施するための最良の形態】**【0021】**

添付図面と関連させた以下の詳細な説明において、好ましくかつ例示的な実施形態による本発明を、その更なる目的及び利点と共により具体的に説明する。

【0022】

図1に示すのは、ガスタービンエンジン内で使用する例示的なHPTタービンロータブレード10である。ブレードは、支持ダブテール16と一体形に形成されたプラットフォーム14から半径方向外向きに延びる中空の翼形部12を含む。ダブテールは、部分的に示したタービンロータディスク18の外周部の対応するスロット内にブレードを支持するように構成される。

【0023】

翼形部12は、ほぼ凹面形の正圧側壁20と円周方向に対向するほぼ凸面形の負圧側壁22とを含み、これら側壁は、横方向（翼厚方向）に間隔をおいて配置されて、それらの間に内部冷却回路又はチャンネル24を形成する。翼形部はまた、プラットフォーム14との接合部における半径方向内側根元26から翼形部の対向する遠位先端における半径方向外側の平坦な先端フロア28まで半径方向つまり長手方向翼長にわたって延びる。2つの側壁はまた、対向する前縁及び後縁30、32間で翼弦にわたって軸方向に延びる。

【0024】

小さなスキラリブ34が、翼形部と単体構造つまり一体形の鋳造品として先端フロア28の周囲を囲んで側壁20、22から一体形に延びる。スキラリブは、前縁と後縁との間で両側壁に沿って延びてフロアの上に先端空洞36を形成し、この先端空洞は、半径方向外向きに開放しており、ガスタービンエンジン内に取り付けられた時に周囲のタービンシュラウド（図示せず）と向かい合う。

【0025】

作動時には、加圧冷却空気38が、エンジンの圧縮機（図示せず）から抽気されて、ブレードの内部冷却回路24と流れ連通状態で結合された1つ又はそれ以上の入口を有するダブテールの基部を通して導かれる。翼形部は、その内部に何らかの従来型の冷却回路を有することができ、使用済み冷却空気を何らかの従来型の設計及び構成のフィルム冷却孔及び後縁孔の様々な列を通して吐出する。

【0026】

このようにして、冷却空気は、最初に翼形部を内部冷却するために使用され、次いで翼形部の正圧及び負圧側壁の両方に沿ったフィルム冷却孔を通して吐出されて、燃焼器（図示せず）から排出された高温燃焼ガス40に対して断熱を行う対応する冷却空気の薄いフィルムを形成するようになる。

【0027】

背景技術の項で上述したように、ブレード10の先端領域は、その周囲を境界付けるスキラリブ34が小さいこと及び作動中に正圧及び負圧側壁の両方の外側に沿った高温燃焼ガスと同時に燃焼ガスがスキラリブを越えて流れる又は漏洩する時におけるリブの内側に沿った高温燃焼ガスに直接曝されることの観点から、冷却するのが特に難しい。

【0028】

従って、図1に示すタービンブレードは、先端冷却のための改善した構成を含み、この構成では、複数の湾曲先端孔42が、冷却回路24から冷却空気を受けるために冷却回路24と流れ連通状態で、先端フロア28を貫通して延びる。

【0029】

図2には、例示的な実施形態による先端孔42を示しており、この例示的な実施形態で

10

20

30

40

50

は、対応する孔 4 2 は、スキラリブ 3 4 との浅い又は斜めの視射角で冷却空気 3 8 を方向付けるように、翼形部の各側面のスキラリブ 3 4 に向かって斜めになるか又は湾曲している。スキラリブ 3 4 は、高い温度において高い強度を有するような典型的な超合金で翼形部自体と一体形に鑄造されるのが好ましく、また先端孔 4 2 は、リブ 3 4 がフロアと接合するリブ 3 4 の基部に近接して、フロア 2 8 を貫通して配置される。孔は、該孔から吐出される冷却空気をリブの内側表面に向かって翼厚方向に偏向又は方向付けしてその冷却効果を高めるように、スキラリブ 3 4 の内側表面又は内面に向かう外寄りの傾斜を有する。

【 0 0 3 0 】

図 2 に示すように、先端孔 4 2 の各々は、冷却回路 2 4 から空気を受けるために冷却回路 2 4 と流れ連通状態で、フロア 2 8 の底面を貫通して延びる直線状の入口 4 4 を含む。各孔 4 2 はまた、入口 4 4 から隣接するリブ 3 4 の内側表面に向かって斜めになるか又は湾曲した一体形の出口 4 6 を含む。出口 4 6 は、該出口 4 6 からの空気ジェットをリブの内側表面に対して偏向させるか又は曲げて空気ジェットの斜め衝突冷却の形態を形成し、かつ冷却空気の薄いフィルムを形成して空気からの断熱を改善するように、スキラリブ 3 4 に向かって外寄りに傾けるか又は傾斜させる。

【 0 0 3 1 】

先端孔 4 2 は、図 2 では横方向（翼厚方向）の断面で示し、また図 3 では側方方向（翼弦方向）の断面で示しており、先端孔の出口 4 6 は、先端孔を通して吐出される冷却空気 3 8 を先端空洞の中央部に向かう内寄りとは対照的にスキラリブ 3 4 に向けて外寄りに方向性を持たせて拡散させるように、入口 4 4 から流路面積が拡開又は増大している。

【 0 0 3 2 】

入口 4 4 は、先端フロア 2 8 の厚さの約半分の有限長さを有し、その中心軸線に沿って軸対称であるのが好ましく、また図 4 に示すように形状を矩形とすることができ、或いは性能及び製造方式における所望に応じて方形、円形又は長円形とすることができる。

【 0 0 3 3 】

これに応じて、出口 4 6 は、図 2 に示すようにリブ 3 4 に向かって翼厚方向に非対称であるが、さらに図 3 に示すようにリブ 3 4 に沿って翼弦方向に対称であるのが好ましい。

【 0 0 3 4 】

このようにして、各先端孔 4 2 から吐出される空気ジェットは、図 2 に示すようにスキラリブ 3 4 の内側表面に向かって外寄りに曲がるように偏向されるが、図 3 に示すようにリブ 3 4 の側面に沿って翼弦方向に前縁に向かう前方向と後縁に向かう後方向との両方向にも拡がる。従って、各先端孔 4 2 から吐出される空気の有効到達範囲を最大にしなから、冷却空気はさらにリブの内側表面をかすめるように外寄りに偏向されるか又は曲げられる。

【 0 0 3 5 】

図 2 及び図 3 に示す実施形態では、入口 4 4 は、フロア 2 8 がほぼ平坦である場合に、フロア 2 8 に対して垂直又はほぼ直角である。これに対応して、湾曲した出口 4 6 は、図 2 に示すように平坦な前方壁 4 8 を含み、この前方壁 4 8 は、スキラリブ 3 4 の基部に近接して配置され、かつリブ 3 4 に向かって外寄りに入口 4 4 から浅い傾斜角 A で傾斜している。各出口はまた、前方壁 4 8 から内寄りに間隔を置いて配置されかつ入口 4 4 の後方表面とほぼ一直線を成す平坦な後方壁 5 0 を含む。

【 0 0 3 6 】

それらの間の対応する小さな弧状接合部において前方及び後方壁 4 8、5 0 を互いに結合する 1 対の平坦な側壁 5 2 を設けて、各出口 4 6 の四辺形構成を完成し、出口の周囲を囲む。

【 0 0 3 7 】

図 2 に示す斜め先端孔 4 2 は流路面積が比較的小さいので、それら先端孔は、別の方法で中実の鑄造先端フロア 2 8 を備えた状態で翼形部自体を原初に鑄造した後に形成されるのが好ましい。このようにして、スキラリブ 3 4 は、原初に正圧及び負圧側壁 2 0、2

10

20

30

40

50

2の延長部として鑄造され、スキラリブ34は、これら両側壁から延びて、これら両側壁と同じ冶金学的特性、つまりガスタービンエンジンの厳しい環境における高温作動において高い強度を得るために利用される特殊な超合金の特性を有する。

【0038】

個々の先端孔42は次に、斜め出口孔42の所望の形状に一致するように構成された遠位端を有する対応した形状の放電加工(EDM)電極54を使用することによって製作することができる。図2に示すように、EDM電極54の遠位端は、孔入口44を穿孔加工しかつ孔入口44の形状に一致するように構成され、先端孔の斜め出口46を形成するために前方壁48の傾斜角Aと一致した傾斜ジョグを含む。

【0039】

電極54は次に、スキラリブ34に近接させて先端空洞36内に垂直方向に下降させることができ、電極を軸方向下向きに平行移動させるとEDMプロセスによって最終先端孔42が穿孔されることになる。

【0040】

出口46はリブ34に向かって外寄りに斜めになっているので、対応する電極54は、同じリブ34に向かって外寄りに傾斜した対応するジョグを有し、このジョグは、リブの内側表面に近接して適当な間隔Cだけ間隔を置いて配置された垂直シャンクによって支持されている。間隔Cは、孔形成工程中に電極を下降させた時に予め鑄造したスキラリブ34が迷走放電加工されるのを防止するのに十分な大きさにすべきである。

【0041】

EDMプロセスによって形成された先端孔の入口44は、比較的小さくすることができ、その有効直径は、約10~15ミル(0.25~0.38mm)であり、また電極シャンクの翼厚方向の間隔Cは、迷走放電加工を防止するために同様な大きさである。

【0042】

後方壁50は入口44と垂直方向に一直線を成し、またこれら両者は平坦な先端フロア28に対してほぼ垂直であるので、EDM電極54は、その傾斜した前方壁48を含む斜め先端孔42を1回の動作で形成するのに垂直方向の平行移動のみを必要とする。

【0043】

図3に示すように、出口46における側壁52の対は、共通の入口44から外向きに拡がるように、同様な又は等しい傾斜角Bで傾斜している。これに対応して、EDM電極54は、先端孔42の共通の放電加工形成において2つの側壁52を対応して形成するために、シャンク下方のジョグ領域内でその細い遠位端から局所的に拡がっている。

【0044】

図2及び図3の2つの直交平面において示した先端孔の例示的な構成は、タービンブレード冷却において一般的な従来型の軸対称拡散孔から派生させることができる。しかしながら、図3に示す先端孔42は、軸対称である代わりに、吐出冷却空気を拡げるために前縁と後縁との間でスキラリブ34に沿って翼弦方向にのみ対称であるが、先端孔からスキラリブ34の隣接する内側表面に向けて吐出冷却空気を外寄りに偏向させるか又は反らすために、図2に示す翼厚方向断面においては非対称であるか又は対称でない点が異なっている。

【0045】

典型的な拡散孔では、拡開壁の拡散角は、吐出冷却空気の拡散壁からの流れ剥離を回避しかつ拡散効果を最大にするような値に限定される。さらに、従来型の拡散角は、従来型の軸対称拡散孔におけるのと同じままである。

【0046】

図2及び図3に示す例示的な実施形態では、先端孔の前方壁48は、出口側壁52の傾斜角Bよりも大きいのが好ましい鋭角傾斜角Aでリブ34に向かって傾斜している。例えば、翼厚方向傾斜角Aは、約27°とすることができ、また翼弦方向傾斜角Bは、約44°の全体翼弦方向拡がりを得るために約22°とすることができ。

【0047】

10

20

30

40

50

このようにして、先端孔から吐出される空気は、図 3 に示すようにスキラリブ 3 4 の長さに沿って、翼弦方向に拡がることができ、かつスキラリブ 3 4 の基部に対してより大きな影響を与えるように斜めにするか又は曲げることができる。前方壁 4 8 は傾斜しておりまた後方壁 5 0 は垂直であるので、先端孔から吐出される空気は、それらの間の角度範囲にわたって拡がることになる。前方壁 4 8 は、スキラリブ 3 4 の内側表面に近接して配置されるのが好ましいが、孔を穿孔加工する時にスキラリブ自体が迷走放電加工されるのを防止するために、図 2 に示す必要オフセット間隔 C によって制限される。

【 0 0 4 8 】

前方壁 4 8 のより大きな傾斜角 A は、吐出冷却空気が、スキラリブ 3 4 の基端部により近接して大きな冷却効果を有することになり、この大きな冷却効果がその後、空気が上

10

【 0 0 4 9 】

先端孔からのスキラリブをかすめる空気は、別の方法では表面に対して垂直であるタイプの衝突冷却を行うと同時に、リブの内側表面のフィルム冷却も行う。さらに、前方壁 4 8 の過度な傾斜角 A は、吐出空気の流れ剥離をもたらしてその中に乱流を促進することができ、この乱流が熱伝達を増大させてスキラリブ内側表面の冷却をさらに改善する。

【 0 0 5 0 】

図 2 ~ 図 4 は、スキラリブ 3 4 が、約 5 ~ 20 ミル (0 . 13 ~ 0 . 5 mm) の半径を有する比較的小さなフィレットで先端フロア 2 8 と一体形に接合され、かつ先端孔の出口 4 6 がそのフィレット 5 6 において又はそのフィレット 5 6 に近接して終端する 1 つの実施形態を示している。例えば、先端孔 4 2 をスキラリブ 3 4 の内側表面に実施可能な限りできるだけ近接させて設けるために、フィレット 5 6 は、実施可能な限りできるだけ小さく形成することができる。また、孔の穿孔加工中にスキラリブ自体の迷走放電加工を生じさせずに、先端孔をスキラリブ 3 4 に対して可能な限り近くに配置することを保証するために、フィレット 5 6 の寸法は、図 2 に示す間隔 C と一致するように選択することができる。

20

【 0 0 5 1 】

図 5 及び図 6 は、先端孔 4 2 の別の実施形態を示しており、この実施形態では、スキラリブ 3 4 の基部及び先端フロア 2 8 におけるフィレット 5 6 は、比較的大きく、また先端孔 4 2 の出口 4 6 が少なくとも部分的に又は全体的にフィレット 5 6 内で終端するのに十分な大きさである。図 5 は、先端孔 4 2 の出口を完全に包含するのに十分なフィレット 5 6 の半径 R を示している。

30

【 0 0 5 2 】

このようにして、先端孔の出口は、その高さが垂直な後方壁 5 0 から傾斜前方壁 4 8 まで増大し、2 つの側壁 5 2 は、それらの間でその高さが徐々に増大する。より背の高い側壁は次に、冷却空気が出口から吐出された時にこの冷却空気をさらに閉じ込めておくために使用することができる。さらに、増大した側壁はまた、大きなフィレット 5 6 において側壁と接合するスキラリブ 3 4 の基部に一層近接してスキラリブ 3 4 の早期冷却を促進する。

40

【 0 0 5 3 】

図 7 ~ 図 9 は、斜め先端孔 4 2 のさらに別の実施形態を示しており、この実施形態では、先端空洞 3 6 は、先端フロア 2 8 とリブ 3 4 の基部との間の接合部において一体形に結合又は鑄造されかつ翼形部の前縁及び後縁間でリブに沿って側方方向又は翼弦方向に間隔を置いて配置された複数のラグ又はボス 5 8 を含む。

【 0 0 5 4 】

ラグ 5 8 の各々には次に、先端フロアの基準高さから上方に隆起した小さな平坦域が設けられ、この平坦域内において、先端孔 4 2 の対応する 1 つが内部冷却回路 2 4 と流れ連通状態でラグを半径方向に貫通して延びることができる。このようにして、孔出口 4 6 の 4 つの壁 4 8 、 5 0 、 5 2 の全てが、対応するスキラリブ 3 4 の基部においてその高さ

50

が半径方向外向きに延びて、リブの基部における内部対流冷却を増大させ、かつスキラリブの翼弦方向に沿って側方方向に拡がりながらスキラリブの内側表面に向かって斜めになるように吐出空気をさらに拘束するようにすることができる。

【 0 0 5 5 】

ラグは翼形部の半径方向外端部に設置されて作動中に遠心荷重を発生するので、先端フロア 2 8 は比較的薄いままとすることができ、ラグ 5 8 を局所的にのみ設けて、対応する先端孔の出口 4 6 を境界付けかつさらに出口 4 6 からの冷却空気の吐出を制御するようにする。

【 0 0 5 6 】

図 8 は、タービンプレードを製作する例示的な方法を概略的に示しており、タービンプレードは、中実の先端フロア 2 8 と隣接するスキラリブ 3 4 とを含み、さらにこれらと一体形にラグを鋳造した単体構造構成部品として最初に従来通りに鋳造される。この構成では、各先端孔 4 2 の出口部分 4 6 は、それらが比較的大きくかつ拡開する寸法であることにより、対応するラグ 5 8 内に最初から鋳造することができる。しかしながら、小さな入口 4 4 は、鋳造するには小さ過ぎ、また先端フロア 2 8 は、鋳造工程後もこの領域において中実のままである。

【 0 0 5 7 】

従って、タービンプレードの初期鋳造に引き続いて、次に何らかの従来型の方法を使用して、対応するラグ 5 8 及び先端フロア 2 8 を貫通して内部冷却回路 2 4 と流れ連通状態で対応する入口 4 4 を穿孔加工するようにすることができる。出口 4 6 は予め鋳造されているので、入口 4 4 は、図 2 に示すオフセット EDM 電極の必要性なしに、ラグを垂直方向に真っ直ぐ貫通して穿孔加工することができる。入口 4 4 の穿孔加工は、例えば従来型のレーザ穿孔、又は入口 4 4 の意図した寸法と一致するような小さな寸法の単純な直線電極による EDM 穿孔を用いて達成することができる。

【 0 0 5 8 】

ラグ 5 8 を予め鋳造することの具体的な利点は、拡開しかつ湾曲した出口 4 6 をあらゆる所望の構成として付加的に鋳造することができることである。例えば、図 8 及び図 9 に示す出口の後方壁 5 0 は、今や入口 4 4 からスキラリブ 3 4 に向かって及びこれもまた傾斜した前方壁 4 8 に向かって外寄りに傾斜させることができる。後方壁 5 0 は、前方壁 4 8 と同じ方向に傾斜するが、入口とスキラリブとの間で出口 4 6 を拡開させるためにより小さな鋭角の傾斜を有することができる。

【 0 0 5 9 】

この実施形態では、先端孔入口 4 4 は、先端フロア 2 8 に対して垂直に又はほぼ直角に延び、また後方壁 5 0 が僅かに傾斜しているので、入口は、図 9 に示すように部分的に後方壁 5 0 の中央部を貫通して延びて、そこに穿孔加工による局所的ノッチを形成する。しかしながら、後方壁 5 0 の残りの部分は、その下方にある入口 4 4 の上方に僅かなオーバーハングを形成して、スキラリブ 3 4 をかすめるように吐出空気流を斜めにするのを助ける。

【 0 0 6 0 】

上に開示した様々な実施形態では、入口 4 4 が、吐出空気を翼形部に対する所定の量に調量することになる。入口 4 4 は、所望に応じてまた経済的な方法での製造に応じて、矩形から円形及び長円形までのあらゆる好適な形状を有することができる。

【 0 0 6 1 】

斜め出口は、冷却するスキラリブに向かって翼厚方向に非対称であり、従って入口空気の全てをリブに向けて外寄りに方向付けることを可能にし、先端空洞の中心部に向かう向寄りの冷却空気の損失を、たとえそれがあつたとしても最少にする。孔出口の拡開構成を使用して、吐出冷却空気を拡散させながら、さらに冷却空気を直接スキラリブに向けて曲げるか又は偏向させてスキラリブの冷却を高めるようにする利点を得ることができる。

【 0 0 6 2 】

本明細書では、本発明の好ましくかつ例示的な実施形態であると考えられるものを説明してきたが、本明細書の教示から本発明のその他の変更が当業者には明らかになる筈であり、従って、全てのそのような変更が本発明の技術思想及び技術的範囲内に含まれるものとして特許請求の範囲で保護されることを切望する。

【 0 0 6 3 】

従って、本特許出願で保護されることを望むものは、特許請求の範囲に記載しかつ特定した発明である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 4 】

【図 1】支持ロータディスクの外周部から半径方向外向きに延びる例示的なガスタービンエンジン第 1 段ロータブレードの一部を示す斜視図。 10

【図 2】線 2 - 2 に沿って取った、図 1 に示す翼形部先端の正面断面図。

【図 3】線 2 - 2 に沿って取った、図 1 に示す翼形部先端の軸方向側面断面図。

【図 4】線 4 - 4 に沿って取った、図 3 に示す翼形部先端の上面図。

【図 5】別の実施形態による翼形部先端の図 2 と同様な正面断面図。

【図 6】線 6 - 6 に沿って取った、図 5 に示す翼形部先端の一部分の上面図。

【図 7】ほぼ線 2 - 2 に沿って取った、別の実施形態による図 1 に示す翼形部の先端部分の断面斜視図。

【図 8】本発明の製造方法による、図 7 に示す翼形部先端の一部分の拡大正面断面図。

【図 9】線 9 - 9 に沿って取った、図 8 に示す翼形部先端の一部分の上面図。 20

【符号の説明】

【 0 0 6 5 】

1 0 タービンブレード

1 2 翼形部

1 4 プラットフォーム

1 6 ダブテール

1 8 ロータディスク

2 0 正圧側壁

2 2 負圧側壁

2 4 冷却回路

2 6 根元

2 8 先端フロア

3 0 前縁

3 2 後縁

3 4 スキーラリブ

3 6 先端空洞

3 8 冷却空気

4 0 燃焼ガス

4 2 先端孔

4 4 入口

4 6 出口

4 8 前方壁

5 0 後方壁

5 2 側壁

5 4 (E D M) 電極

5 6 フィレット

5 8 ラグ

30

40

【図 1】

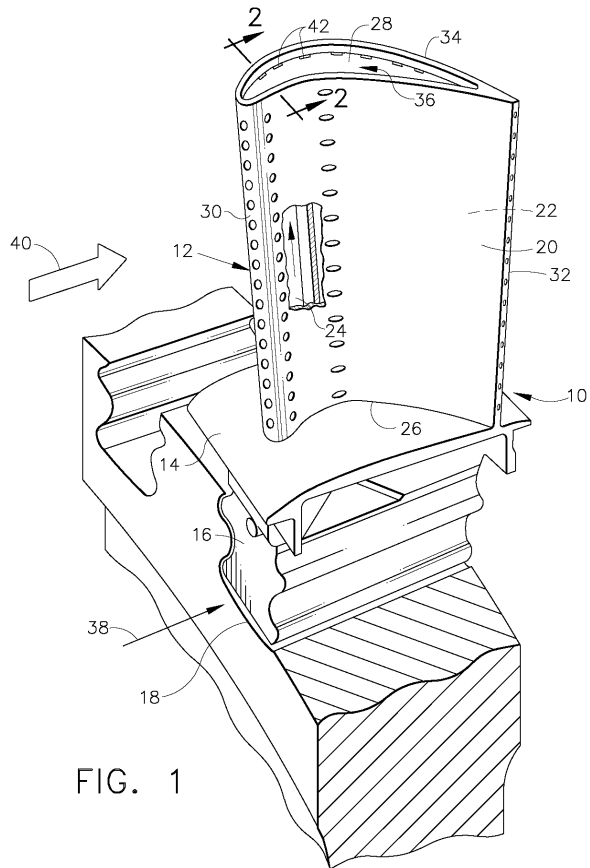


FIG. 1

【図 2】

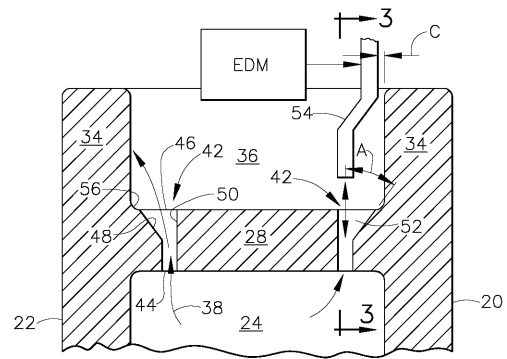


FIG. 2

【図 3】

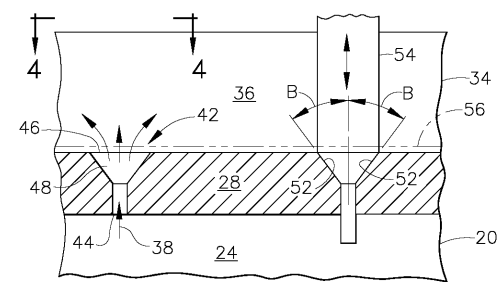


FIG. 3

【図 4】

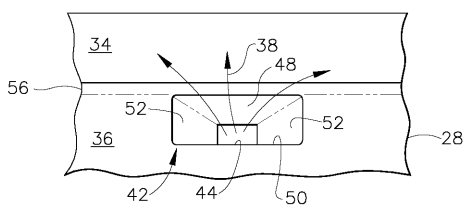


FIG. 4

【図 6】

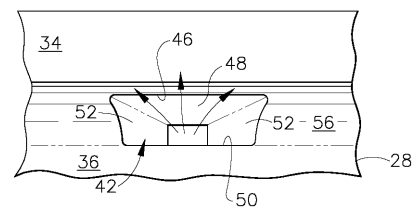


FIG. 6

【図 5】

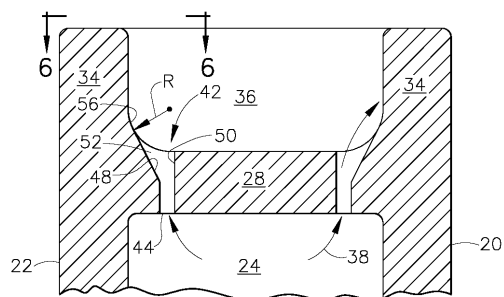


FIG. 5

【図 7】

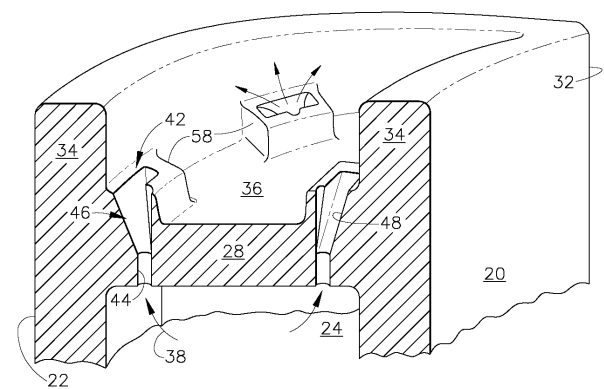


FIG. 7

FIG. 9

フロントページの続き

- (72)発明者 ニコラス・チャールズ・パーマー
アメリカ合衆国、オハイオ州、ラブランド、エヴァーグリーン・プレイス、739番
- (72)発明者 ケヴィン・リー・カーケング
アメリカ合衆国、オハイオ州、ミルフォード、ワイルドリッジ・レーン、6007番

審査官 栗倉 裕二

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2003/0021684(US, A1)
特開昭56-162207(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|------|
| F01D | 5/18 |
| F01D | 5/22 |